Evaluation of Temporal and Spatial Changes in Al-Sin Lake Water Quality Parameters

Dr. Raed Jafar*
Dr. Haitham Jnad**
Dr. Adel Awad***
Aziz Adel Osekrieh****

(Received 16 / 10 / 2024. Accepted 4 / 12 / 2024)

□ ABSTRACT □

Al-Sin Lake, which supplies the cities of Lattakia and Tartous governorates with drinking water, is exposed to pollution from human activities in its basin, which causes a deterioration in its water quality. The research aims to evaluate Al-Sin Lake water quality and the need for the water treatment before using it for drinking. The aims were conducted through studying the temporal and spatial changes of several physicochemical and microbial parameters of water quality, which were measured three times monthly in 2021 from four different locations according to the program approved by the concerned staff to monitor and protect the lake. One-Way ANOVA was used to determine whether there is significantly spatial difference in water quality parameters among the four monitoring points.

The research results showed significant spatial differences between the four monitoring points in some significant water quality parameters, including fecal coliforms counts in the water, water turbidity, and the concentrations of ammonia, nitrite, nitrate and phosphate in the water. They were also showed that the water characteristics in feeding springs area of Al-Sin Lake, where the Tartous drinking water intake is located, are better than those at the Lattakia drinking water intake, as the water from Tartus drinking water intake only needs to be sterilized before pumping it to Tartus, unlike the water from Lattakia drinking water intake which needs to be treated and sterilized. The results confirm the necessity of preventing the growth of floating plants and algae on the edges and bottom of the lake, to reduce the organic load in the lake, especially since the purification system in the Lattakia drinking water purification plant and the pumping system in Tartous drinking water pumping plant are not qualified to remove it from the water, as well as the sterilization process in both plants is currently performed using chlorine.

Keywords: Al-Sin Lake, pollution, water quality parameters, potable water.

Copyright **:**Tishreen University journal-Syria, The authors retain the copyright under a CC BY-NC-SA 04

***Professor, Department of Environmental Engineering, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.**
****Assistant Professor, Department of Environmental Engineering, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.**
*****Professor, Department of Environmental Engineering, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.**
******Postgraduate Student (Ph.D.), Department of Environmental Engineering, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria. E-mails: aziz.osekrieh@tishreen.edu.sy - aziz.osekrieh@gmail.com**

تقييم التّغيّرات الزمنيّة والمكانيّة في بارامترات جودة مياه بحيرة السّنّ

د. رائد جعفر *

د. هيثم جناد **

د. عادل عوض ***

عزيز عادل عسيكريه ****

(تاريخ الإيداع 16 / 10 / 2024. قُبِل للنشر في 4/ 12 / 2024)

□ ملخّص □

تتعرّض بحيرة السّنّ التي تُزوّد منها مُدن محافظتيّ اللاذقية وطرطوس بمياه الشّرب للتلوّث من الأنشطة البشريّة في حوضها، ويسبّب هذا تردّي جودة مياهها. يهدف البحث إلى تقييم جودة مياه بحيرة السّنّ، وحاجتها للمعالجة قبل استخدامها للشّرب من خلال دراسة التغيّرات الزمنيّة والمكانيّة في عدد من البارامترات الفيزياكيميائيّة، والميكروبيّة لجودة المياه المقاسة بمعدّل ثلاث مرّات شهريّاً في عام 2021 من أربع نقاط رصد مُنسجمة مع البرنامج المُعتمد من قبل المعنيّين بمراقبة وحماية وإدارة بحيرة السّنّ. استُخدم تحليل التّباين لتقييم معنويّة الفروق المكانيّة في بارامترات جودة المياه بين نقاط الرّصد الأربعة.

أثبتت نتائج البحث وجود فروق معنويّة مكانيّة بين نقاط الرّصد في عدّة بارامترات مهمّة لجودة المياه، شملت كلّاً من أعداد عصيّات الكوليفورم البرازيّة في المياه، وعكارتها، وتراكيز كلّ من الأمّونيا، والنّتريت، والنّترات، والفوسفات فيها. أظهرت النّتائج أيضاً أنّ خصائص المياه في منطقة الينابيع المغذّية لبحيرة السّنّ حيث يقع مأخذ مياه شرب طرطوس أفضل منها عند مأخذ مياه شرب اللاذقية، إذ تحتاج المياه من مأخذ مياه شرب طرطوس للتطهير فقط قبل ضخّها للشّرب، بخلاف المياه من مأخذ مياه شرب اللاذقية التي تحتاج للمعالجة والتطهير. تؤكّد النّتائج ضرورة كبح انتشار النّباتات الطّافية، والطّحالب في أطراف البحيرة وقاعها، لتقليل الحمل العضويّ في البحيرة، لاسيّما أنّ نظام التّنقية في محطّة تنقية مياه شرب اللاذقية، ونظام الضخّ في محطّة ضخ مياه شرب طرطوس غير مؤهّلين لإزالته من المياه، إضافة إلى أنّ تطهير المياه في المحطّتين يجري باستخدام الكلور.

الكلمات المفتاحية: بحيرة السّنّ، تلوّث، بارامترات جودة المياه، مياه صالحة للشّرب.

حقوق النشر : مجلة جامعة تشرين- سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق النشر بموجب الترخيص CC BY-NC-SA 04

* أستاذ – قسم الهندسة البيئية – كلية الهندسة المدنية – جامعة تشرين – اللاذقية – سورية.

** مدرس – قسم الهندسة البيئية – كلية الهندسة المدنية – جامعة تشرين – اللاذقية – سورية.

*** أستاذ – قسم الهندسة البيئية – كلية الهندسة المدنية – جامعة تشرين – اللاذقية – سورية.

**** طالب دكتوراه – قسم الهندسة البيئية – كلية الهندسة المدنية – جامعة تشرين – اللاذقية – سورية. بريد الكتروني: aziz.osekrieh@gmail.com - aziz.osekrieh@tishreen.edu.sy

مقدمة:

تُعبّر جودة المياه عن خصائصها الفيزيائيّة والكيميائيّة والحيويّة التي تُحدّد ملاءمتها للأغراض المختلفة [2]، وتُراقب من خلال قياس بارامترات تتأثّر بالظّروف الجيولوجيَة والمناخيَة والأنشطة البشريّة المحيطة بالمصدر المائيّ، ومقارنتها مع المعايير المسموحة والمعتمدة في المواصفات القياسيّة الوطنيّة أو العالميّة للمياه [3].

تُمثّل حماية المصدر المائيّ الحاجز الأوّل لحماية جودة مياهه، وتُساهم الإدارة الفعّالة لأحواض المياه في الحدّ من وصول الملوّثات سواء أكانت من مصادر نقطيّة أو منتشرة إلى المصدر المائيّ، وبالتّالي تقليل حجم المعالجة اللّاحقة، وتكاليف الاستثمار عُموماً [3].

تناولت عدّة دراسات موضوع جودة مياه بحيرة السّنّ، منها (جعفر، رائد؛ 2016) الذي استخدمَ مؤشّر جودة المياه لمؤسسة الصّرف الصّحيّ الوطنيّة الأمريكيّة (NSFWQI) معتمداً على قياسات تسعة بارامترات من أربع نقاط رصد خلال الأعوام (1991-2004-2007-2011) [1]، ووجد أن جودة مياه البحيرة جيّدة في نقاط الرّصد جميعها.

وبالمثل، وجد (عوض، عادل.؛ وآخرون؛ 2017) أن جودة مياه البحيرة جيّدة باستخدام مؤشّر جودة المياه الضّبابيّ (FWQI)، وبأخذ قراءة واحدة شهريّاً بين حزيران 2015 وأيار 2016 لتسعة بارامترات من أربعة نقاط رصد [4].

أجرى (جعفر، رائد.؛ 2023) تقديراً لجودة المياه من مأخذ مياه شرب اللاذقية في بحيرة السّنّ باستخدام مؤشّر جودة المياه الحسابيّ المرجّح WAWQI، وبالاعتماد على ثمانية بارامترات قيست يوميّاً من نقطة رصد واحدة خلال عامي (2021–2022) وجد أنّ جودة المياه ممتازة في 70.4% من نقاط القياس، وجيّدة في النّقاط المتبقيّة [5].

أمّا (سلمان، فؤاد.؛ 2015) فوجد بتحليله تراكيز النّترات، والنّتريت، وبعض العناصر الثّقيلة وهي الرّصاص، والنّيكل، والكادميوم في مياه بحيرة السّنّ، أنّ بعض مصادر مياه الشّرب المُستجرَّة من نبع السّنّ تحتوي على تراكيز منخفضة من النّيكل، والكادميوم، والنّترات، والنّتريت، وأنّ المياه المعبأة من النّبع تحتوي على معدني الرّصاص والنّيكل بتراكيز أعلى مما هي عليه في ينابيع الدّريكيش وبقين والفيجة [6].

وبتقييم قُدرة بحيرة نبع السّنّ على المعالجة الذّاتية من التلوّث بالفوسفور، وجد (حبيب، ليلى.؛ وآخرون؛ 2017) قدرةً عاليةً للبحيرة على المعالجة الذّاتية، إلا أنّها تعاني من فرط تغذية، ويشير هذا إلى أنّ الفوسفور ينتقل بشكل رئيسي إلى الحامل المائيّ المُغذّي لنبع السّنّ من المصادر غير النقطيّة المنتشرة على امتداد حوض السّنّ، وليس فقط المحيطة بشكلٍ مباشر بالنّبع، وهو ما يستدعي وضع استراتيجيات لاحتواء الحالة قبل تفاقمها [7].

دُرست في هذا البحث التغيّرات الزمنيّة للبارامترات الفيزيائيّة، والكيميائيّة، والميكروبيّة لجودة مياه بحيرة السّنّ وأجريت مقارنات مكانيّة في قياساتها بين أربع نقاط رصد لتقييم جودة المياه في كلّ نقطة رصد، وحاجتها للمعالجة.

أهمية البحث وأهدافه:

يهدُف البحث إلى تقييم صلاحيّة استخدام مياه بحيرة السّنّ للشّرب من النّاحيتين الفيزياكيميائيّة، والميكروبيّة عند نقاط رصدٍ مختلفة في بحيرة السّن، وذلك من خلال دراسة التّغيّرات الزمنيّة، والمكانيّة في بارامترات جودة المياه. وتأتي أهميّة البحث من دور بحيرة السّنّ في تزويد قطاع واسع من المستهلكين في السّاحل السّوري بالمياه، لاسيّما أنّها تتعرّض لحمولات تلوّث عديدة قد تسبّب تردّي جودة مياهها، والتّأثير سلباً على صحّة المستهلكين.

طرائق البحث ومواده:

منطقة الدراسة Study Area

تقع بحيرة السّنّ على الحدود بين محافظتي اللاذقية وطرطوس وتعتبر مصدراً رئيسيّاً لمياه الشرب، ولرّي الأراضي، ولمياه مصفاة بانياس، ويبلغ وسطيّ المياه المُستجرّة يوميّاً من بحيرة السّنّ حوالي $780{,}000\ m^3/day$، وتتميّز البحيرة بتجدّد طبيعي عالٍ للمياه، وخصائص جيوكيميائيّة تساهم في استقرار جودة مياهها [7]. تُغذّى البحيرة من أربعة عشر نبعاً مناسيبَها مُختلفة، الشكل (1−A)، ويسيلُ فائض المياه المتجمّعة في البحيرة باتجاه الغرب ليكوّن نهر السّنّ الذي يصبّ في البحر عند قرية عرب الملك بطولٍ لا يتجاوز $6\ km$ [8].

تُستجرّ مياه الشّرب إلى محافظة اللاذقية من مأخذ مائيّ في الجانب الشّمالي الغربي من بحيرة السّنّ بعيداً عن منطقة الينابيع، وتخضع للترشيح في محطّتي تنقية قديمة وجديدة [9]، بينما تُضخّ مياه الشّرب إلى مدينة طرطوس عن طريق محطّتي ضخّ قديمة وجديدة تستجرّان مياههما من موقع الينابيع مباشرة.

تقسُم السّدّة بحيرة السّنّ إلى قسمين يحتوي أحدهما ينابيع التّغذية، والآخر لا يحتوي أيّاً منها، مما يساهم في تشكّل مناطق مياه راكدة، ومناطق تترسّب فيها المواد المُعلّقة. عند انخفاض غزارة الينابيع في البحيرة عن كميّة المياه المستجرة، الشّكل (1−B)، تتدفّق المياه متجهةً نحو مأخذ مياه شرب اللاذقية مباشرةً، وعند زيادة غزارتها عن كميّة المياه المُستجرّة، الشّكل (1−C)، تتحرّك المياه الفائضة نحو النّهر عبر المفيض الواقع في الجهة الغربية للبحيرة.

الشكل (1): نقاط الرّصد والينابيع المغذية لبحيرة السّنّ (A) وحركة المياه أثناء انخفاض غزارة البحيرة (B) وأثناء ارتفاعها (C)

يساهم تكوين حوض بحيرة السّنّ الكارستيّي، والفوالق المنتشرة فيه في نقل المياه الجوفيّة والملوّثات المحتملة من المصادر الزّراعيّة، والصّناعيّة المنتشرة في الحوض بما فيها معاصر الزّيتون، والمكّبات، ومحطة بانياس الحراريّة، ومصفاة نفطها، والأسمدة مما يعزّز مخاطر تلوّث البحيرة بالمغذّيات وغيرها [9]، ويعرّضها لفرط تغذية يزيد على إثره نموّ النباتات المائيّة، والطّحالب فتترسّب إلى القاع، وتستلزم تعزيلاً منتظماً له. أيضاً يُؤثر الجريان السطحيّ، والظّواهر المناخيّة المتطرّفة على كميّة مياه الشّرب من البحيرة، وجودتها من خلال غسل التّربة ونقل الملوّثات المحتملة إلى البحيرة [3]. علاوة على ذلك، توفّر العلاقة العضويّة والاتصال الهيدروليكي بين بحيرتيّ سوريت، والسّنّ نتيجة فرق مناسيب المياه بينهما إمكانيّة انتقال الملوّثات من بحيرة سوريت خاصةً عند انخفاض غزارة مياه نبع السّنّ [10].

جمع العيّنات ومعالجة البيانات Samples Collecting and Data Processing

اعتُمدت في الدّراسة أربع نقاط اعتيان ضمن بحيرة السّنّ مُنسجمة مع البرنامج المُعتمد من قبل المعنيين بمراقبة وحماية وإدارة بحيرة السّنّ، وهذه المواقع الموضّحة في الشكل (A−1) هي جنوب البحيرة S1، ومأخذ مياه شرب اللاذقية S2، ومأخذ مياه شرب طرطوس S3، ومأخذ محطّات ضخّ الريّ S4. إذ قُطفت العيّنات منها لإجراء التّحاليل الحقليّة، والمخبريّة عليها بمعدّل ثلاث مرات شهريّاً لمدّة دورة هيدرولوجيّة في عام 2021 مع الالتزام بقواعد الاعتيان، وأخذ التّحاليل، وشملت البارامترات المقاسة كلاً من درجة حرارة المياه؛ ودرجة pH لها، وناقليّتها، وقساوتها، وقلويتها، وعكارتها، وأعداد عصيّات الكوليفورم البرازيّة فيها، وتراكيز الأوكسجين المنحلّ، والكالسيوم، والمغنيزيوم، والأمّونيا، والنّترات، والنّتريت، والفوسفات، والكلوريد، والكبريتات، والصّوديوم، والبوتاسيوم فيها.

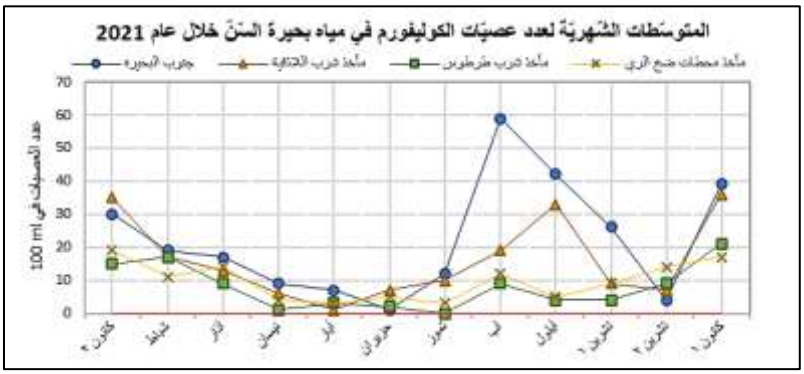
عُولجت قياسات بارامترات جودة مياه بحيرة السّنّ إحصائيّاً لتقييم تغيّراتها الزمنيّة، واستُخدم تحليل التّباين أحاديّ الاتّجاه (One-Way ANOVA) لتقييم وجود فروق معنويّة مكانيّة فيها بين نقاط الرّصد الأربعة، إذ تدلّ قيمة P-Value النّاتجة من التّحليل والأقلّ من مستوى الدّلالة المعتمد $\alpha = 5\%$ على معنويّة الفروق، واستُخدمت طريقة أقلّ فرق معنويّ Least Significant Difference (L.S.D) لتحديد المجموعات المتماثلة والمختلفة.

النّتائج والمناقشة:

يبين الجدول (1) ملخصاً إحصائيّاً لقياسات بارامترات جودة مياه بحيرة السّنّ في نقاط الرّصد الأربعة.

1− عصيّات الكوليفورم البرازيّة Fecal Coliforms

يُشير الكوليفورم البرازيّ إلى وجود بكتريا ممرضة أو فيروسات محمولة في المياه، قادمة من أمعاء الإنسان عبر مياه الصّرف الصحي أو الحيوانات، ويُقدّر بعدد العصيّات البرازيّة في كلّ 100 ml من المياه [1، 4]. تنصّ المواصفة القياسيّة السّوريّة لمياه الشّرب على أنّ تكون مياه الشّرب خالية من الكوليفورم البرازي تماماً [11]. يبيّن الشّكل (3) المتوسّطات الشهريّة لأعداد عصيّات الكوليفورم البرازيّة في نقاط الرّصد في عام 2021.



الشّكل (3): المتوسّطات الشّهريّة لعدد عصيّات الكوليفورم في مياه بحيرة السّنّ في نقاط الرّصد في عام 2021

تراوحت أعداد عصيّات الكوليفورم ضمن المجال $(0 - 150)\ c/100\ ml$ غير محقّقة للمواصفة القياسيّة السّوريّة لمياه الشّرب في نقاط الرّصد جميعها ممّا يُؤكّد عدم صلاحيّة استخدام مياه بحيرة السّنّ للشّرب من النّاحية الميكروبيّة، والحاجة المُلحّة لعمليات تطهير مُنتظمة. تشير النتائج أيضاً إلى احتمالية وجود تلوّث مُباشر من مصادر قريبة، مما

يستدعي تحسين نظم معالجة المياه القائمة، وتكثيف إجراءات المراقبة الصّحيّة في نقاط الرصد. ويجب مراقبة عكارة المياه قبل تطهيرها، إذ تحمي العكارة المُرتفعة الكائناتِ الحيّةَ الدّقيقة من آثار التّطهير، وتُحفّز نموّ البكتريا، وتزيد كميّة الكلور اللّازمة [3]. بيّنت نتائج التّحليل الإحصائيّ وجود فروق معنويّة مكانيّة في أعداد عصيّات الكوليفورم بين نقاط الرّصد ($P-Value = 0.0073$)، وكانت هذه الفروق بحسب اختبار L.S.D بين نقطة رصد جنوب البحيرة، وكلّاً من نقطتي رصد مأخذ مياه شرب طرطوس، ومحطّات ضخّ الريّ من جهة أخرى.

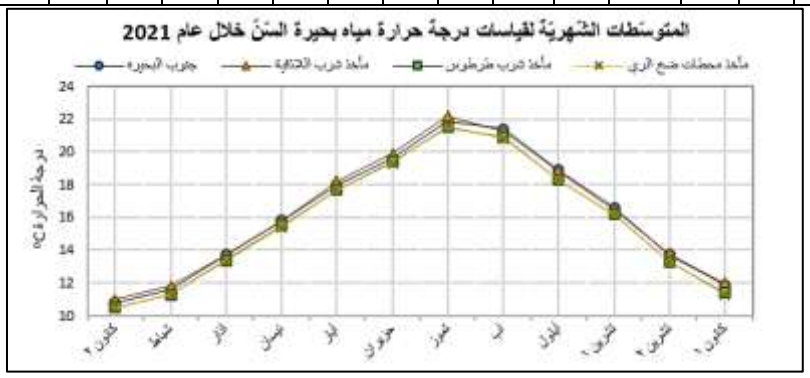
2- درجة حرارة المياه Water Temperature

تُعتبر درجة حرارة المياه عاملاً مهمّاً في التّوازن البيئيّ والأيونيّ فيها، فهي تؤثّر في مجمل خصائصها كالكثافة واللّزوجة، ومعدّل انحلال الغازات، وسرعة التّفاعلات الكيميائيّة والحيويّة، والّتي تؤثّر بمجموعها في عمليّة التّنقية الذّاتيّة [12]. يبيّن الشّكل (4) المتوسّطات الشّهريّة لدرجة حرارة المياه في نقاط الرّصد في عام 2021.

الجدول (1): ملخص إحصائيّ لقياسات بارامترات جودة مياه بحيرة السّنّ في نقاط الرّصد الأربعة

القيمة	نقطة الرّصد	درجة الحرارة	الأس الهيدروجيني	الناقليّة الكهربائيّة	القساوة الكليّة	القلويّة	العكارة	DO	الكالسيوم	المغنيزيوم	الصّوديوم	البوتاسيوم	الكلوريد	الكبريتات	الأمونيا	النّتريت	النّترات	الفوسفات	عصيّات الكوليفورم البرازيّة
		C°		µsl cm	mg/l as $CaCO_3$		NTU	mg/l											Cs/100 ml
الظهى	جنوب البحيرة	22.4	7.9	535	370	350	6.1	6.4	88	48	22	1.7	30	28	0.09	0.82	15.85	0.3	150
	شرب اللاذقية	22.6	8.05	538	370	350	9.5	6.3	80	52.8	22	1.8	30	29	0.224	0.408	19.1	0.38	80
	شرب طرطوس	21.7	7.91	539	450	360	3.2	6.5	84	79.2	24	1.7	28	29	0.135	0.167	14.5	0.26	26
	محطات ضخّ الرّيّ	21.8	7.88	535	400	340	2.8	6.6	80	67.2	24	1.5	29	30	0.07	0.17	10.5	0.22	28
	جميع النّقاط	22.6	8.05	539	450	360	9.5	6.6	88	79.2	24	1.8	30	30	0.224	0.82	19.1	0.38	150
الصغرى	جنوب البحيرة	10.5	6.99	452	220	220	2.1	5.5	52	14.4	10	0.56	15	8	0	0.02	2.4	0.02	0
	شرب اللاذقية	10.6	7.03	457	220	220	3.1	5.4	52	14.4	12	0.61	16	8	0	0.02	4	0.01	0
	شرب طرطوس	10	7.04	453	240	230	0.9	5.5	48	16.8	13	0.75	18	10	0	0.02	3.1	0	0
	محطات ضخّ الرّيّ	10.1	6.95	458	240	230	0.9	5.6	48	14.4	10	0.82	15	10	0	0.03	2.5	0	0
	جميع النّقاط	10	6.95	452	220	220	0.9	5.4	48	14.4	10	0.56	15	8	0	0.02	2.4	0	0
الوسطى	جنوب البحيرة	16.2	7.38	495	279	270	3.8	6	67	27.1	17	1.08	22	19	0.026	0.17	7.29	0.143	22
	شرب اللاذقية	16.3	7.39	496	285	262	5	5.9	66	28.7	17	1.09	22	19	0.067	0.13	9.96	0.18	16
	شرب طرطوس	15.8	7.38	496	285	268	1.8	6	67	28	18	1.19	23	21	0.028	0.095	6.88	0.123	8
	محطات ضخّ الرّيّ	15.7	7.36	496	284	270	1.7	6	68	27.2	19	1.19	23	21	0.02	0.101	6.26	0.116	10
	جميع النّقاط	16	7.38	496	283	267	3.1	6	67	27.8	18	1.14	22	20	0.035	0.124	7.6	0.141	14
الاحرا	جنوب البحيرة	3.8	0.22	19	32	32	1	0.2	9	7.7	3	0.28	4	5	0.024	0.164	2.97	0.084	32

ف المعيار ي	شرب اللاذقية	3.8	0.26	19	34	31	1.6	0.3	8	8.2	3	0.28	3	5	3	0.0065	0.091	3.61	0.112	18
	شرب طرطوس	3.8	0.24	20	41	29	0.5	0.3	8	11	3	0.24	3	4	3	0.0034	0.045	3.23	0.073	8
	محطات ضخّ الرّيّ	3.8	0.25	19	35	27	0.5	0.3	7	9.4	3	0.19	3	5	3	0.0022	0.04	2.13	0.059	8
	جميع النّقاط	3.7	0.24	19	35	30	1.7	0.3	8	9.1	3	0.25	3	5	3	0.0044	0.102	3.32	0.087	20
P Value		0.9109	0.9502	0.9967	0.9086	0.6449	$2 * 10^{-34}$	0.0058	0.5002	0.8233	0.0686	0.1106	0.04234	0.0555	$3 * 10^{-6}$	$3 * 10^{-6}$	0.0062	$3 * 10^{-6}$	0.0066	0.0073
فرق معنويّ بين نقاط الرّصد (يوجد/لا يوجد)		لا يوجد	لا يوجد	لا يوجد	لا يوجد	لا يوجد	يوجد	لا يوجد	لا يوجد	لا يوجد	لا يوجد	لا يوجد	لا يوجد	لا يوجد	لا يوجد	لا يوجد	يوجد	يوجد	يوجد	يوجد

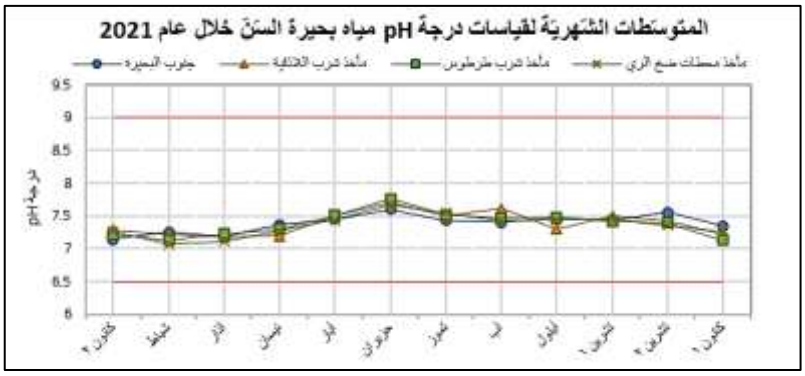


الشّكل (4): المتوسّطات الشهريّة لدرجة حرارة مياه بحيرة السّنّ في نقاط الرّصد في عام 2021

تباينت درجة حرارة مياه بُحيرة السّنّ بين الصّيف، والشّتاء، وبلغت ذروَتها في شهريّ تموّز، وآب. يمكن أن يساهم ارتفاع درجة الحرارة في تقليل مستويات الأوكسجين المنحلّ، مما يؤثّر سلباً على الكائنات الحيّة، ويزيد من متطلّبات التّهوية الاصطناعية في المحطّات خاصّة خلال الصّيف الحارّ. بيّنت نتائج التّحليل الإحصائيّ عدم وجود فروق معنويّة في قياسات درجة حرارة المياه بين نقاط الرّصد ($P - Value = 0.9109$).

3- درجة Potential of Hydrogen pH

تُعتبر درجة pH بمثابة قياسٍ لدرجةِ حموضة المياه أو قلويّتها، ومؤشّراً مهمّاً لفهم التّوازن الكيميائي في المياه، وبارامتراً تشغيلياً مهمّاً في جودة المياه، إذ تُفسد حموضة المياه الزّائدة جودتها فتزيد انحلاليّة بعض العناصر الثّقيلة فيها، وتسبّب تآكل الأنابيب، وتجهيزات نقل المياه وتوزيعها، بينما يُسبّب الوسط القلويّ ترسّب الكالسيوم والمغنيزيوم على أسطح الأنابيب، ويحفّز تشكّل مركّبات ثلاثي الهالوميثان THMs المُسرطِنة النّاتجة عن عمليّة التّطهير بالكلور [4, 12، 18]. ويجب أن تتراوح درجة pH المياه بين 6.5، و9 وفقاً للمواصفة القياسيّة السّوريّة لمياه الشّرب [11]. يبيّن الشّكل (5) درجة pH المياه في نقاط الرّصد في عام 2021.

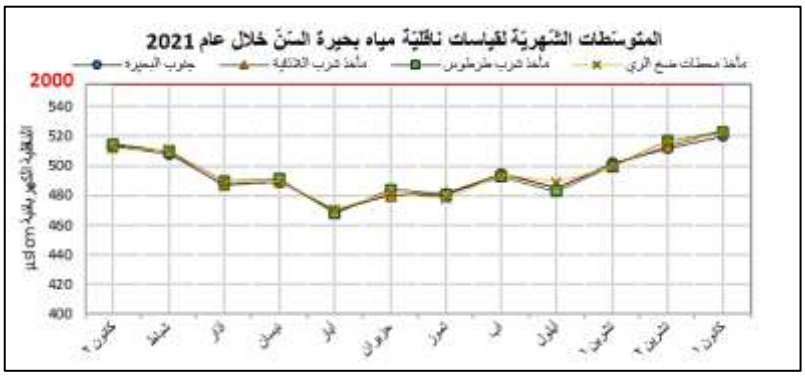


الشّكل (5): المتوسّطات الشهريّة لدرجة pH مياه بحيرة السّنّ في نقاط الرّصد في عام 2021

تراوحت قيم درجة pH مياه بحيرة السّنّ ضمن المجال (6.95-8.05) محقّقة ما تنصّ عليه المواصفة القياسيّة السّوريّة لمياه الشّرب، وبيّنت نتائج التّحليل الإحصائيّ عدم وجود فروق معنويّة مكانيّة في قياساتها بين نقاط الرّصد $(P - Value = 0.9502)$. تعكس نتائج القياسات الطّبيعة القلويّة الخفيفة لمياه الحوض المغذّي، ويعزى ذلك لسيادة شوارد الكربونات والبيكربونات وطبيعة التكشّفات الصّخريّة الّتي تجتازها مياه الجريان السّطحيّ عبر الحوامل المائيّة الجوفيّة المغذّية للبحيرة، فضلاً عن تأثير النّباتات المائيّة، والطّحالب الّتي تُساهم باستهلاكها لثنائيّ أوكسيد الكربون نهاراً بزيادة درجة pH. ولوحظ أنّ قيم درجة pH عند مأخذ مياه شرب اللاذقية في حدود 8 مما يتطلّب تكثيف إجراءات المراقبة في محطّة التّنقية لمنع تشكّل مركّبات THMs عند تطهير المياه بالكلور.

4- النّاقليّة الكهربائيّة Electrical Conductivity

تُعبر النّاقليّة الكهربائيّة عن قدرة المياه على نقل التّيار الكهربائيّ وتقاس بوحدة بـ µs/cm، فهي تُشير بذلك إلى كميّة الأملاح المنحلّة في المياه [9]، وتزداد قيمتها مع الانحلال الإضافي للأملاح من مصادر طبيعيّة كالتّربة، أو البحر، أو من مصادر بشريّة كالصّرف الصّناعي والزّراعيّ، فتؤثر على طعم المياه، وقساوتها، وتزيد التّرسبات في الأنابيب. وتنصّ المواصفة القياسيّة السّوريّة لمياه الشّرب على ألا تزيد قيمة نّاقليّة المياه عن 2000 µs/cm [11]. يبيّن الشّكل (6) المتوسّطات الشّهريّة لناقليّة مياه بحيرة السّنّ في نقاط الرّصد في عام 2021.

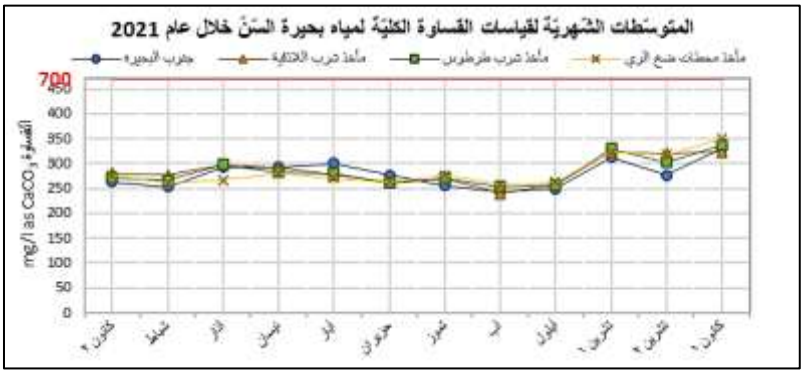


الشّكل (6): المتوسّطات الشهريّة لناقليّة مياه بحيرة السّنّ في نقاط الرّصد في عام 2021

تراوحت قيم نّاقليّة المياه ضمن المجال $\mu S/cm$ (539 – 452) محقّقة للمواصفة القياسيّة السّوريّة لمياه الشّرب ولوحظ ازديادها شتاءً بالتزامن مع ازدياد تركيز الكالسيوم نتيجة تحفيز انحلال الصّخور الكربونيّة الحاملة ولم تظهر نتائج التّحليل الإحصائيّ وجود فروق معنويّة مكانيّة في قياساتها بين نقاط الرّصد $(P - Value = 0.9967)$.

5- قساوة المياه Water Hardness

تنجم قساوة المياه طبيعيّاً عن مجموعة من الشّوارد المعدنيّة متعدّدة التّكافؤ المنحلّة في المياه، وخاصّة كاتيونات الكالسيوم والمغنيسيوم. ويعبّر عنها بالميليجرامات من كربونات الكالسيوم لكل لتر $mg/l\ as\ CaCO_3$ [4، 20]. لا تؤثر القساوة صحياً على المستهلكين، إلا أنّها تُعتبر مقياساً مهمّاً لقبول المياه، ولاعتبارات فنيّة، واقتصاديّة، وتشغيليّة، إذ تسبّب قيمها المرتفعة ترسّبات كلسيّة في مراحل المعالجة وأنظمة التوزيع، وتزيد استهلاك الصّابون [3]. وتنصّ المواصفة القياسيّة السّوريّة لمياه الشّرب على ألا تتجاوز قساوة المياه $mg/l\ as\ CaCO_3$ 700 [11]. يبيّن الشّكل (7) المتوسّطات الشّهريّة لقساوة مياه بحيرة السّنّ في نقاط الرّصد في عام 2021.

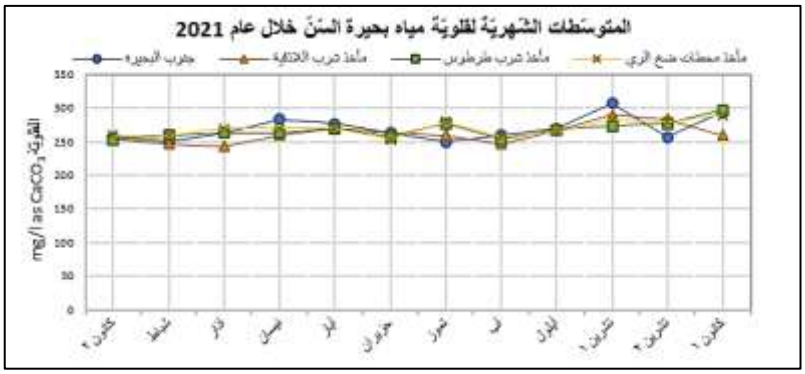


الشّكل (7): المتوسّطات الشهريّة لقساوة مياه بحيرة السّنّ في نقاط الرّصد في عام 2021

تراوحت قيم قساوة مياه البحيرة ضمن المجال $mg/l\ as\ CaCO_3$ (410 – 220) محقّقةً للمواصفة القياسيّة السّوريّة لمياه الشّرب، ولوحظ ارتفاعها في فترات الهطول المطريّ بالتّزامن مع تحفيز انحلال الأملاح من الصّخور الكربونيّة الحاملة، ويُمكن اعتبار مياه بحيرة السّنّ معتدلة القساوة إلى قاسية، وأنّ منشأ قساوتها طبيعيّ، وهذه النتيجة متوافقة مع ما توصّلت إليه دراستين سابقتين حول مياه بحيرة السّنّ [10، 18]. بيّنت نتائج التّحليل الإحصائيّ عدم وجود فروق معنويّة مكانيّة في قياسات قساوة المياه بين نقاط الرّصد $(P - Value = 0.9086)$.

6- قلويّة المياه Water Alkalinity

تعُزى قلويّة المياه إلى وجود أملاح حمضيّة ضعيفة، وأملاح قلويّة ضعيفة وقويّة مثل أملاح الكربونات، والبيكربونات الّتي تشكل الجزء الأكبر منها، بالإضافة إلى الهيدروكسيدات، وأملاح الفوسفات، والبورات، والكبريتات، ويعبّر عنها بوحدة $mg/l\ as\ CaCO_3$ [13]. تُساهم المياه القلويّة في زيادة ترسّب الأملاح في الأنابيب، ولا تُسبب تآكلاً فيها [4، 6]. يبيّن الشّكل (8) المتوسّطات الشّهريّة لقلويّة مياه بحيرة السّنّ في نقاط الرّصد في عام 2021.



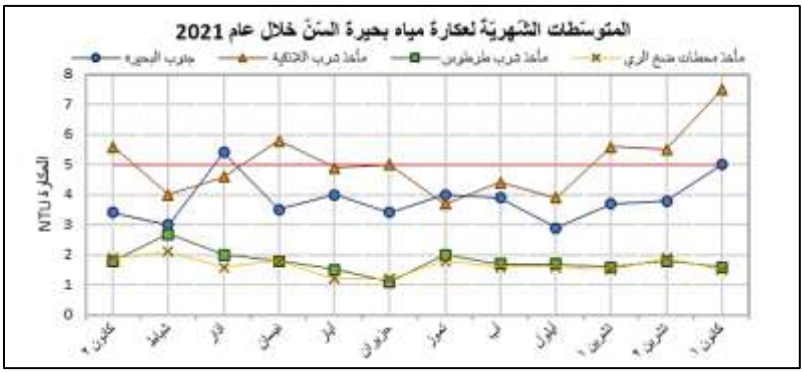
الشّكل (8): المتوسّطات الشهريّة لقلويّة مياه بحيرة السّنّ في نقاط الرّصد في عام 2021

تراوحت قيم قلويّة مياه البحيرة ضمن المجال $(220 - 360)\ mg/l\ as\ CaCO_3$، ولوحظ تزامن قيمها الأعلى مع فترات الهطول المطري، كذلك فإنّ الطّحالب والنّباتات المائيّة ترفع قلويّة المياه من خلال عمليّات تنفّسها. يُشير ارتفاع قلويّة مياه البحيرة إلى ضرورة كبح انتشار النّباتات الطّافية والطّحالب فيها، إذ أنّها تتسبب بارتفاع محتوى البحيرة العضويّ، وهو ما لا تأخذه بالاعتبار عمليّات التّنقية في محطّة تنقية مياه شرب اللاذقية. بيّنت نتائج التّحليل الإحصائيّ عدم وجود فروق معنويّة مكانيّة في قياسات قلويّة المياه بين نقاط الرّصد $(P - Value\ = 0.6449)$.

7- عكارة المياه Water Turbidity

تنتج عكارة مياه المصدر المائيّ عن الجزيئات الصّغيرة المعلّقة (مثل الطّين والطّمي)، والرّواسب الكيميائيّة (مثل المنغنيز والحديد)، والجسيمات العضويّة (مثل بقايا النباتات)، والكائنات الحيّة المائيّة، والطّفيليّات التي تعيش في أمعاء المجترات مثل الكريبتوسبوريديوم cryptosporidium والجيارديا Giardia، لذلك قد تشير المياه العكرة إلى وجود ملوّثات كيميائيّة وميكروبيّة فيها، أو إلى مشاكل في نظام المعالجة، أو في نظام توزيع المياه. ويقيس مؤشّر العكارة خاصيّة تبعثر الضّوء في المياه والتي تحدّ من اختراق أشعّة الشّمس لها ممّا يؤثّر على تركيز الأوكسجين المنحلّ، ويعيق عمليّة التّمثيل الضوئيّ، لذلك يعبّر عن العكارة بوحدة NTU [4، 6، 12].

تُستخدم عكارة مياه المصدر المائيّ لمراقبة جودتها ويمكن أن تشير تغيّراتها السّريعة إلى حدوث تلوّث في المصدر المائيّ أو حوضه، وتغيّراتها البطيئة إلى حدوث تغيّرات في طبيعة المصدر المائيّ ذاته. كذلك تُربك عكارة المياه العالية الّتي تحدث من فترة لأخرى عمليّات المعالجة، وتضعف كفاءة عمليّة التّرشيح، فتحمي الكائنات الحيّة الدّقيقة من آثار التّطهير، وتُحفز نموّ البكتريا، مما قد يسمح لمسبّبات الأمراض، والملوّثات الأخرى بالدّخول إلى المياه المعالجة، وتتسبّب بزيادة كميّة الكلور اللازمة للتّطهير. وانطلاقاً من هذا تؤكّد منظّمة الصّحة العالميّة والمواصفة القياسيّة السّورية لمياه الشّرب على ضرورة أنّ تكون مياه الشّرب بدون عكارة مُلاحظة وبحيث لا تتجاوز قيمتها 1 NTU عند التّطهير بالكلور، وتسمح المواصفة القياسيّة السّوريّة لمياه الشّرب بحدّ أعلى لعكارة مياه الشّرب مقداره 5 NTU [4، 17]. يبيّن الشّكل (9) المتوسّطات الشهريّة لعكارة مياه بحيرة السّنّ في نقاط الرّصد في عام 2021.



الشّكل (9): المتوسّطات الشهريّة لعكارة مياه بحيرة السّنّ في نقاط الرّصد في عام 2021

أظهرت نقاط الرصد تبايناً واضحاً في قيم العكارة، إذ تراوحت ضمن المجال NTU $(0.9 - 9.5)$ متجاوزةً القيم المسموح بها وفق المواصفة القياسيّة السّوريّة لمياه الشّرب، وتحديداً في مأخذ مياه شرب اللاذقية. يشير هذا إلى ضرورة تطوير آليات إزالة العكارة في المحطة، إذ يمكن أن تؤدي العكارة المرتفعة إلى حماية الكائنات الحية الدقيقة من عمليات التطهير، ما يزيد من احتمالية انتشار الأمراض. وكانت قيم العكارة ضعيفة عند مأخذي مياه شرب طرطوس ومحطّات ضخّ الريّ لكونهما تقعان في مواقع الينابيع المغذّية للبحيرة. أثبتت نتائج التّحليل الإحصائيّ وجود فروق معنويّة مكانيّة في قياسات عكارة المياه بين نقاط الرّصد $(P - Value = 2 * 10^{-34})$، وكانت الفروق بحسب اختبار L.S.D بين نقطتي رصد مأخذ مياه شرب اللاذقية وجنوب البحيرة من جهة، ونقطتي الرّصد الأخرتين.

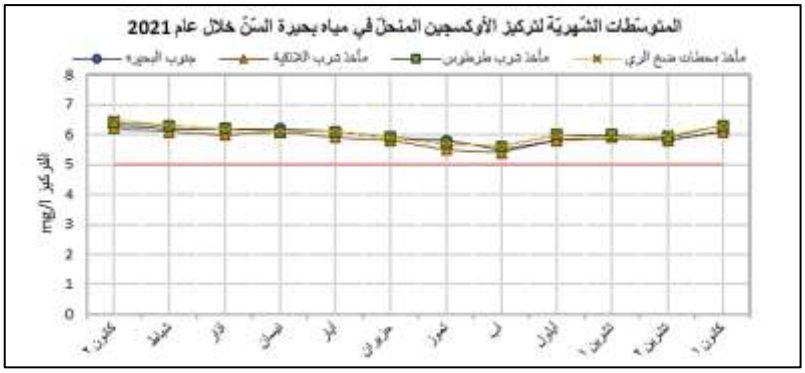
لوحظ أيضاً أنّ عكارة مياه بحيرة السّنّ تزداد في فترات هطول الأمطار إذ تتسرّب المياه العكرة من المناطق القريبة من البحيرة إلى الحامل الجوفيّ للبحيرة عبر الشّقوق والفراغات الكارستيّة الكبيرة بدون أنّ تتخلّص من عكارتها، نظراً لسرعة الجريان الجوفيّ الكبيرة، بينما تتناقص عكارة المياه المتسرّبة من الأجزاء البعيدة في منطقة التغذية بسبب العوامل الفيزيائيّة والكيميائيّة الّتي تأخذ دورها في تنقية المياه خلال فترة جريان المياه الجوفيّة [8].

ولوحظ أيضاً أنّ عكارة المياه العالية في نقطة رصد مأخذ مياه شرب اللاذقية تحدث بشكل متقطّع، تحت تأثير التلوّث الدّاخلي للبحيرة من خلال وصول النّباتات، والطّحالب إلى المأخذ المائيّ، وتأثير التلوّث الخارجي بالغبار من الطّريق السّريع الغربيّ أثناء هبوب الرياح الجنوبيّة الغربيّة السّائدة في المنطقة، وقد تعيق التّبدلات في العكارة عمليّة التّنقية اللاحقة الّتي لا تأخذها بالحسبان، وتقلّل من فعاليّة عمليّة التّطهير الكيميائيّ، وهذا من مبرّرات النّتيجة الّتي توصّلت إليها دراسة سابقة لضعف كفاءة عمل مرشّحات محطّة تنقية مياه شرب اللاذقية [9].

8- تركيز الأوكسجين المنحلّ Dissolved Oxygen Concentration

يُشير تركيز الأوكسجين المنحلّ في المصدر المائيّ إلى قدرته على التّنقية الذّاتية، وله مصدرين أحدهما هو الأوكسجين الجوّي، والآخر هو الأوكسجين النّاتج عن عمليّات التّمثيل الضوئي، ويجب ألّا يقلّ في مياه الشّرب عن 5 mg/l وفقاً للمواصفة القياسيّة السّوريّة لمياه الشّرب [11]. تتناسب انحلاليّة الأوكسجين في المياه عكساً مع درجة حرارة المياه، وتركيزي الأملاح المنحلّة، والملوّثات العضويّة فيها، وطرداً مع الضّغط الجويّ، وسرعة الجريان، ونشاط التّركيب الضوئيّ في المصدر المائيّ. وعند تلوّث المصدر المائيّ بالمغذّيات وتوفّر الظروف الملائمة، تنتشر الطّحالب والأشنيّات على سطحه مستهلكةً الأوكسجين المنحلّ، وعند موتها وتفسّخها يزداد تركيز المواد العضويّة، فتستهلكها

البكتريا اللاهوائيّة التي تطرح غازات مثل كبريت الهيدروجين، والنشادر محوّلة الجسم المائيّ إلى مستنقع كريه الرّائحة [1، 4]. يبيّن الشّكل (10) المتوسّطات الشّهريّة لتركيز الأوكسجين المنحلّ في نقاط الرّصد في عام 2021.



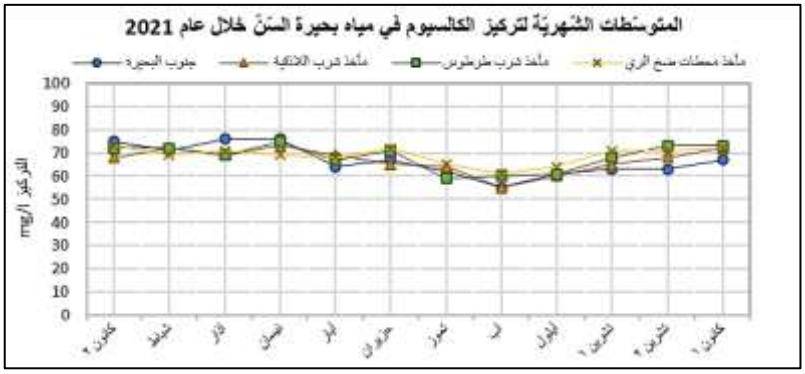
الشّكل (10): المتوسّطات الشهريّة لتركيز الأوكسجين المنحلّ في مياه بحيرة السّنّ في نقاط الرّصد في عام 2021

لوحظ أنّ تغيّرات تركيز الأوكسجين المنحلّ في المياه مع الزّمن تقع في مجال صغير وعلى امتداد الدورة الهيدرولوجية، إذ تراوحت تراكيزه ضمن المجال $(5.4 - 6.6)\ mg/l$ محقّقةً المواصفة القياسيّة السّوريّة لمياه الشّرب، ويُعزى ذلك من جهة لكون مياه تغذية البحيرة مياه جوفيّة ومتجدّدة، إذ يزداد تركيز الأوكسجين المنحلّ في فصلي الشّتاء والرّبيع مع ازدياد حجم التغذية المائيّة نتيجة هطول الأمطار، وتنخفض في أشهر الصّيف والخريف، ومن جهة ثانية لتأثير درجة حرارة مياه بحيرة السّنّ والّتي تقع تغيّراتها في مجال صغير نسبيّاً على امتداد الدّورة الهيدرولوجية. ولم تظهر نتائج التّحليل الإحصائيّ وجود فروق معنويّة مكانيّة في تراكيز الأوكسجين المنحلّ بين نقاط الرّصد $(P - Value = 0.058)$، وكانت القيم الأدنى لتراكيزه عند نقطة رصد مأخذ مياه شرب اللاذقية.

9- تراكيز الكاتيونات في المياه Cation Concentrations in Water

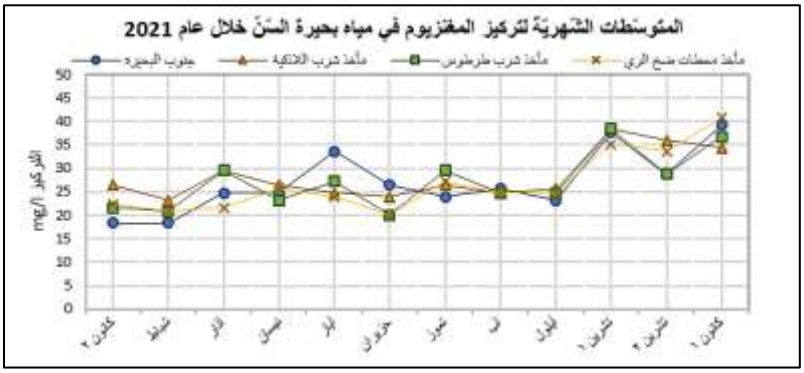
9-1- الكالسيوم والمغنيزيوم Calcium and Magnesium

يعتبر الكالسيوم الكاتيون الأكثر سيادة في المياه، بينما يأتي المغنيزيوم في المرتبة الثّانية من حيث وفرته في مياه المناطق المعتدلة، لذلك فإن مصادرهما الرّئيسة هي مصادر طبيعية، وتؤثّر أملاحهما على نّاقليّة المياه، وطعمها، وتركيز الأملاح المنحلّة فيها، وتعتبر أملاح الكالسيوم المسبب الرّئيس لعسر المياه [12]. يبيّن الشكلان (11)، و(12) المتوسّطات الشّهريّة لتركيزيّ كلّ من الكالسيوم والمغنيزيوم في نقاط الرّصد في عام 2021.



الشّكل (11): المتوسّطات الشهريّة لتركيز الكالسيوم في مياه بحيرة السّنّ في نقاط الرّصد في عام 2021

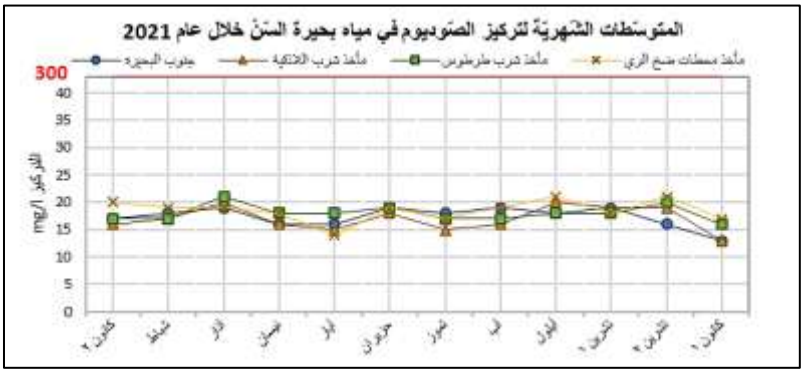
تراوحت تراكيز الكالسيوم والمغنيزيوم في مياه البحيرة على التّوالي ضمن المجالين mg/l (88 – 48)، و(14.4 – 50.4) mg/l، ويُعزى ضعف تباين تراكيزيهما إلى تأثير مياه الأمطار المتسرّبة بين فراغات الصخور خلال فترة قصيرة نسبياً فلا تسمح بحلّ كمية كبيرة من أملاحهما من الصّخور الحاملة، فيما يُعزى ازدياد تركيز الكالسيوم عن المغنيزيوم في المياه إلى الانحلاليّة المنخفضة لصخور الدّولميت، والانتشار الواسع للصّخور الحاوية على الكالسيوم في الحوض المغذّي. أظهرت نتائج التّحليل الإحصائيّ عدم وجود فروق معنويّة مكانيّة في تركيزي الكالسيوم والمغنيزيوم بين نقاط الرّصد، إذ بلغت قيمة P-Value لكلّ منهما على التّوالي (0.823, 0.5002).



الشّكل (12): المتوسّطات الشهريّة لتركيز المغنيزيوم في مياه بحيرة السّنّ في نقاط الرّصد في عام 2021

9-2- الصّوديوم Sodium

يُعتبر الصّوديوم من أكثر الفلزّات القلويّة وجوداً في الطّبيعة، وتتصّف أملاحُه ومركّباته بأنّها عالية الانحلال في المياه، لذلك فهو يوجد في جميع أشكال المياه السّطحيّة والجوفيّة، وتحتوي مياه الصّرف الصّحي، والصّناعي، والزّراعيّ على تراكيز كبيرة منه [12]. يقلّ عادةً محتوى مياه الشّرب من الصّوديوم عن 20 mg/l لذلك لا يُشكّل خطراً صحيّاً، ولكنّ ارتفاعه يؤثّر على طعمها [3]، ولا يجب أن تتجاوز تراكيزه فيها 300 mg/l وفقاً للمواصفة القياسيّة السّوريّة لمياه الشّرب [11]. يبيّن الشّكل (13) المتوسّطات الشّهريّة لتركيز الصوديوم في نقاط الرّصد في عام 2021.

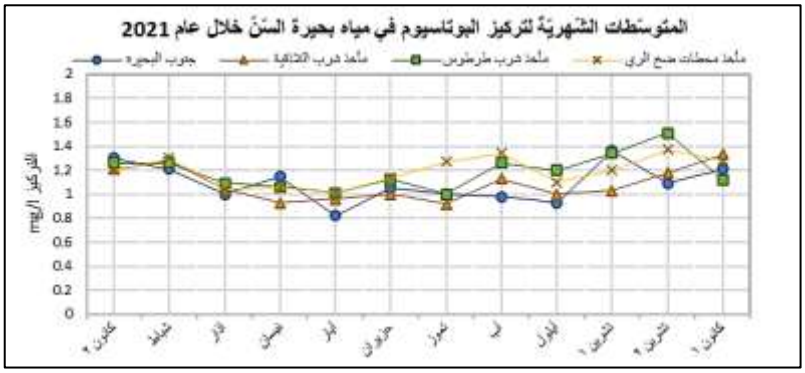


الشّكل (13): المتوسّطات الشهريّة لتركيز الصّوديوم في مياه بحيرة السّنّ في نقاط الرّصد في عام 2021

تراوحت تراكيز الصّوديوم في المياه ضمن المجال mg/l (24 – 10) وكانت أقلّ بكثير من الحدّ الأعلى المسموح في المواصفة القياسيّة السّوريّة لمياه الشّرب مما يشير إلى الطّبيعة العذبة للمياه المغذّية للبحيرة، ولم تظهر نتائج التّحليل الإحصائيّ وجود فروق معنويّة مكانيّة في تراكيزه بين نقاط الرّصد $(P - Value = 0.0686)$.

9-3- البوتاسيوم Potassium

تُشكّل الأسمدة الزّراعيّة المصدر الأساسي لانتقال البوتاسيوم إلى المياه السّطحيّة، إذ يندر وصول فلزّاته إلى المياه طبيعيّاً نتيجة انخفاض انحلاليّة أملاحه، وتثبيت فلزّات التّربة له بشكلٍ غير عكوس [12]. ونادراً ما تُشكّل مستوياته في مياه الشّرب مصدر خطر للإنسان، لا سيّما أنّ جسم الإنسان يحتاج يوميّاً لأكثر من 3000 mg منه، ولذلك لا تنصّ المواصفات القياسيّة العالمية ولا السّوريّة لمياه الشّرب على قيمة إرشادية صحيّة لتركيزه [4، 17]. يبيّن الشّكل (14) المتوسّطات الشّهريّة لتركيز البوتاسيوم في المياه من نقاط الرّصد ضمن بحيرة السّنّ في عام 2021.



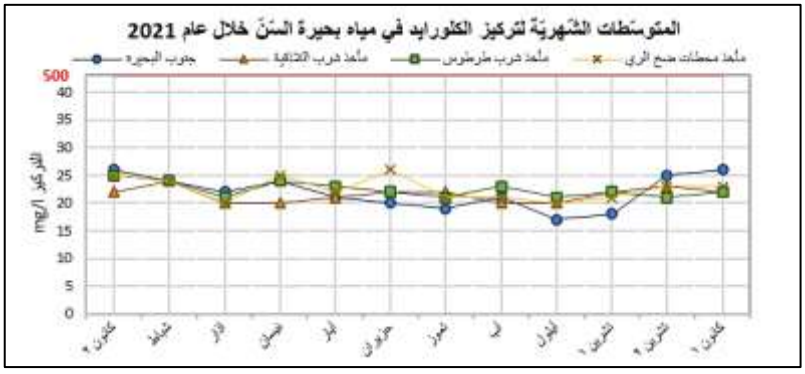
الشّكل (14): المتوسّطات الشهريّة لتركيز البوتاسيوم في مياه بحيرة السّنّ في نقاط الرّصد في عام 2021

تراوحت تراكيز البوتاسيوم ضمن المجال $(0.56 - 1.8)\ mg/l$، وتُعزى القيم المنخفضة لتراكيز البوتاسيوم في المياه الجوفيّة إلى ادمصاصها من الصّخور الغضاريّة [8]. وأظهرت نتائج التّحليل الإحصائيّ عدم وجود فروق معنويّة مكانيّة في تراكيزه بين نقاط الرّصد الأربع $(P - Value = 0.106)$.

10- تراكيز الأنيونات في المياه Anions Concentrations in Water

10-1- الكلوريد Chloride

ينشأ الكلوريد في المياه من مصادر طبيعيّة، وأيضاً من مياه الصّرف الصّحي، والصّناعيّ، ومن تسرّب المياه المالحة إلى المصدر المائيّ [12]. تؤدّي التّراكيز الزّائدة من الكلوريد إلى زيادة معدّلات تآكل المعادن في نظام التّوزيع تبعاً لقلويّة المياه، وتُسبّب تراكيزه المرتفعة ظهور طعم مالح في المياه مما يؤثّر على قبولها لدى المستهلكين [3]. وفقاً للمواصفة القياسيّة السّوريّة لمياه الشّرب، فإنّ الحدّ الأعلى المسموح به لتركيز الكلوريد في مياه الشّرب هو 500 mg/l [11]. يبيّن الشّكل (15) المتوسّطات الشّهريّة لتركيز الكلوريد في مياه نقاط الرّصد في عام 2021.

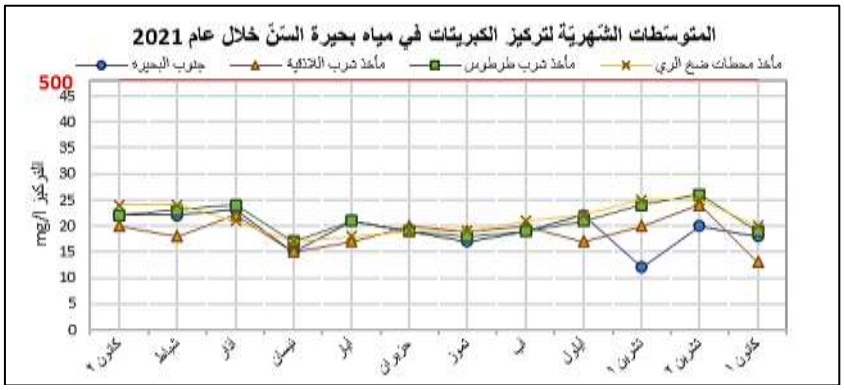


الشّكل (15): المتوسّطات الشهريّة لتركيز الكلوريد في مياه بحيرة السّنّ في نقاط الرّصد في عام 2021

تراوحت تراكيز الكلوريد ضمن المجال $(30-15)\ mg/l$، وكانت قيمه أقلّ بكثير من الحدّ الأقصى المسموح في المواصفة القياسيّة السّوريّة لمياه الشّرب مما يشير إلى الطّبيعة العذبة للمياه المغذّية للبحيرة. وبيّنت نتائج التّحليل الإحصائيّ عدم وجود فروق معنويّة مكانيّة في تراكيزه بين نقاط الرّصد $(P-Value\ =0.4234)$.

2-10- الكبريتات Sulphates

تُعتبر الكبريتات من العناصر المغذّية للنّباتات، وتتشكّل في المياه من أكسدة المعادن في التّرب والصّخور المحيطة بالمصدر المائيّ، وانحلال مركّباتها النّاتجة، ومن الأكسدة الحيويّة للمواد العضويّة كالطّحالب والبقايا النّباتيّة والحيوانيّة في المياه، ومن التلوّث بالأسمدة الزّراعيّة والمبيدات الحشريّة، ومن مياه الصّرف الصّناعي، ومن التّرسيب الجويّ، وتكون عادةً تراكيزها الأعلى في المياه الجوفيّة [6، 12]. لا تسبّب تراكيز الكبريتات في مياه الشّرب خطراً صحيّاً إلا عند تجاوزها mg/l (1000-1200)، لكنّها تسبّب طعماً غير مستساغ عند تراكيز أقلّ من ذلك [3]. ويجب ألا يتجاوز تركيز شوارد الكبريتات في مياه الشّرب عن 500 mg/l وفقاً للمواصفة القياسيّة السّوريّة لمياه الشّرب [11]. يبيّن الشّكل (16) المتوسّطات الشّهريّة لتركيز الكبريتات في مياه بحيرة السّنّ في نقاط الرّصد في عام 2021.



الشّكل (16): المتوسّطات الشهريّة لتركيز الكبريتات في مياه بحيرة السّنّ في نقاط الرّصد في عام 2021

تراوحت تراكيز الكبريتات ضمن المجال $(30-8)\ mg/l$، وكانت جميع القيم أقلّ بكثير من القيمة القصوى المسموحة في المواصفة القياسيّة السّوريّة لمياه الشّرب. وبيّنت نتائج التّحليل الإحصائيّ عدم وجود فروق معنويّة مكانيّة في قيات تراكيزها بين نقاط الرّصد $(P-Value\ =0.0555)$.

11- تراكيز المغذّيات في المياه Nutrients Concentrations in Water

1-11- الأمّونيا Ammonia

تتشكّل الأمّونيا في المياه نتيجة التفكّك الطّبيعي للمواد العضويّة النّباتية، والحيوانيّة، أو نتيجة الأنشطة البشريّة الصّناعية، والزّراعيّة، وتسرّب الصّرف الصّحي إلى المصدر المائيّ، وتُساهم الأمّونيا في زيادة نموّ الطّحالب، ويدلّ ارتفاع تركيزها إلى حدوث تلوّث المياه بالمواد العضويّة القابلة للتّحلل، بينما يُشير انخفاض تركيزها إلى حدوث النّترجة فتتحوّل الأمّونيا إلى نتريت ثم نترات، وتكون عادة مستوياتها الطّبيعية في المياه الجوفيّة والمياه السّطحيّة أقل من 0.2 mg/l، وقد تحتوي المياه الجوفيّة اللاهوائية على تركيز منها يصل إلى 3 mg/l [4، 6، 12]. تؤثر الأمّونيا على كفاءة عمليّة التّطهير إذ تتفاعل مع الكلور لتقليل تركيز الكلور الحرّ وتكوّن الكلورامين، ويُمكن أنّ يتسبّب وجودها في

تكوين النّتريت في أنظمة التوزيع، وعادةً تكون تراكيزها في مياه الشّرب أقلّ بكثير من تلك الخطرة على الصّحة لذلك لا تقترح المواصفات القياسيّة العالمية لمياه الشّرب، ولا السّوريّة قيمة إرشاديّة صحيّة لها [4، 17]. يبيّن الشّكل (17) المتوسّطات الشّهريّة لتركيز الأمّونيا في مياه بحيرة السّنّ في نقاط الرّصد في عام 2021.

تراوحت تراكيز الأمّونيا ضمن المجال $(0 - 0.224)\ mg/l$، وهي جميعها قيم منخفضة، لا تحمل خطراً صحياً على المستهلكين، وتشير هذه القيم إلى حدوث النّترجة وتحوّل الأمّونيا الحرّة إلى نتريت، ومع ذلك هناك عدداً من القيم المرتفعة نسبياً تشير إلى وصول حمولة عضويّة مصدرها النّباتات المائيّة والطّحالب في البحيرة، أو النّشاطات الزّراعيّة المجاورة. بيّنت نتائج التّحليل الإحصائيّ وجود فروق معنويّة مكانيّة في قياسات تركيز الأمّونيا في بحيرة السّنّ بين نقاط الرّصد $(P - Value\ = 3 * 10^{-6})$، كانت هذه الفروق بحسب اختبار L.S.D بين نقطة رصد مأخذ مياه شرب اللاذقية من جهة، وكلاً من نقاط الرّصد الثلاث الأخرى.

11-2- النّتريت والنّترات Nitrite and Nitrate

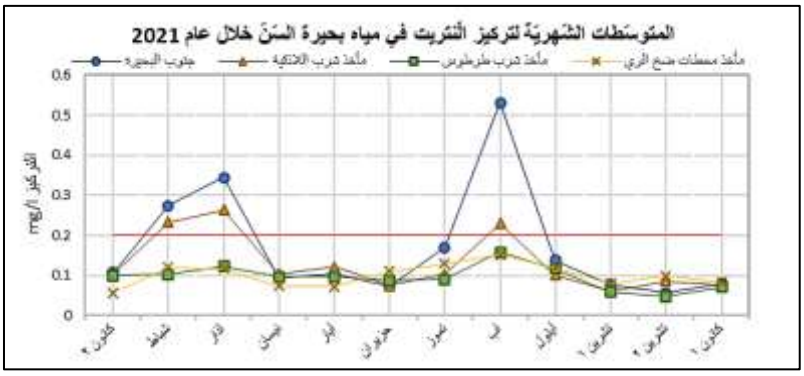
يُعتبر النّتريت والنّترات من المؤشّرات الكيميائيّة الأساسيّة المعبّرة عن درجة تلوّث المياه بالمغذّيات خاصّة تلك الزّاكدة، والمناسبة للتّكاثر الطّحلبيّ والإثراء الغذائيّ. توجد النّترات طبيعيّاً في المياه، وهي الشّكل المستقرّ للمركبات الآزوتيّة [6، 7، 12]، ويمكن أنّ تتغيّر تراكيزها في المياه السّطحيّة بسُرعة نتيجة الجريان السّطحيّ للمياه الملوّثة ببقايا الأسمدة، وامتصاص العوالق النباتية، وإزالة البكتيريا للنّتروجين، لكنّ تراكيزها في المياه الجوفيّة تتغيّر ببطء. ويدلّ ارتفاع تركيزها في مياه المصدر المائيّ على حدوث تلوّث عضويّ، فيُلاحظ نموّ نباتات مائيّة وتكاثرها إلى حدّ لا تستطيع الكائنات المائيّة استهلاكه، لتترسّب النّباتات بعد زمن مستهلكةً كميّة كبيرة من الأوكسجين المنحلّ على حساب احتياجات الكائنات، فتموت الكائنات وتتقطع السّلسلة الغذائيّة للنظام ويحدث إثراءٍ غذائيّ فيه. [4، 6، 12].

تحتوي المياه السّطحيّة على تراكيز ضئيلة من النّتريت لأنها تتأكسد بسهولة إلى نترات، بينما تكون تراكيزها أعلى في المياه الجوفيّة، ولذلك يُشير وجودها في المياه إلى حدوث تلوّث حديث بالصّرف الصّحي، بمعنى أنّ الملوّثات تصل إلى المصدر المائيّ دون أنّ تستغرق زمناً كافياً لأكسدة النّتريت إلى نترات، وقد يشير وجود النّتريت إلى بيئة مُرجعة فقيرة بالأوكسجين مثل المياه ذات الإثراء الغذائيّ، حيث تُرجع النّترات إلى نتريت بواسطة البكتريا [7، 18].

بسبب إمكانيّة تزامن تواجدهما في مياه الشّرب، يجب أن يحقّق مجموع نسبتي تركيز كلّ من النّترات، والنّتريت $(C_{Nitrate}, C_{Nitrite})$ إلى قيمته المسموحة في المواصفة القياسيّة المعتمدة $(GV_{Nitrate}, GV_{Nitrite})$ [4, 17].

$$\frac{C_{Nitrate}}{GV_{Nitrate}} + \frac{C_{Nitrite}}{GV_{Nitrite}} \leq 1 \qquad (1)$$

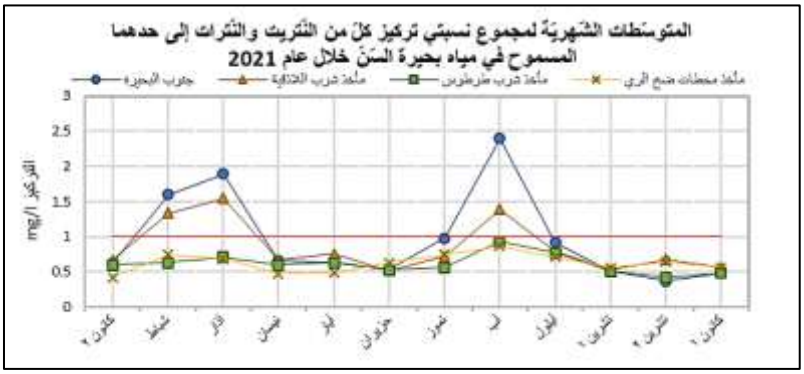
ووفقاً للمواصفة القياسيّة السّوريّة لمياه الشّرب فإن الحدّ الأعلى المسموح به لتركيز النّترات في مياه الشّرب هو 50 mg/l، ولتركيز النّتريت هو 0.2 mg/l [11]. وتبيّن الأشكال (18)، و(19)، و(20) على التوالي المتوسّطات الشّهريّة لتركيز كلّ من النّتريت، والنّترات في نقاط الرّصد في عام 2021، ومجموع نسبتي تركيز كلّ منهما إلى حدّه المسموح وفق المواصفة القياسيّة السّوريّة لمياه الشّرب.



الشّكل (18): المتوسّطات الشهريّة لتركيز النّتريت في مياه بحيرة السّنّ في نقاط الرّصد في عام 2021

أظهرت تراكيز النّتريت، ومجاميع نسبتيّ كلّ من تركيزيّ النّتريت، والنّترات إلى حدّه المسموح وفق المواصفة القياسيّة السّوريّة لمياه الشّرب في مياه بحيرة السّنّ تجاوزاً واضحاً للحدود المسموح بها، مما يعكس وجود إثراء غذائي ناجم عن مصادر تلوّث بشريّة، وزراعيّة. يستدعي ذلك اتّخاذ اجراءات لتقليل تراكيز النّتريت، والنترات، إذ يمكن أن تؤدّي إلى ظاهرة فرط التّغذية، ونموّ الطّحالب التي تُسهم في اختلال التّوازن البيئيّ داخل البحيرة. وبيّنت نتائج التّحليل الإحصائيّ وجود فروق معنويّة مكانيّة في قياسات تركيزي النّتريت والنّترات بين نقاط الرّصد إذ بلغت قيمة P-Value لكلّ منهما على التّوالي ($0.0062, 3 * 10^{-6}$)، وكانت الفروق في تركيز النّتريت بحسب اختبار L.S.D بين جنوب البحيرة، وكلاً من مأخذي مياه شرب طرطوس ومحطّات ضخّ الريّ، وفي تركيز النّترات بين مأخذ مياه شرب اللاذقية، وكلاً من نقاط الرّصد الثلاث الأخرى.

الشّكل (19): المتوسّطات الشهريّة لتركيز النّترات في مياه بحيرة السّنّ في نقاط الرّصد في عام 2021



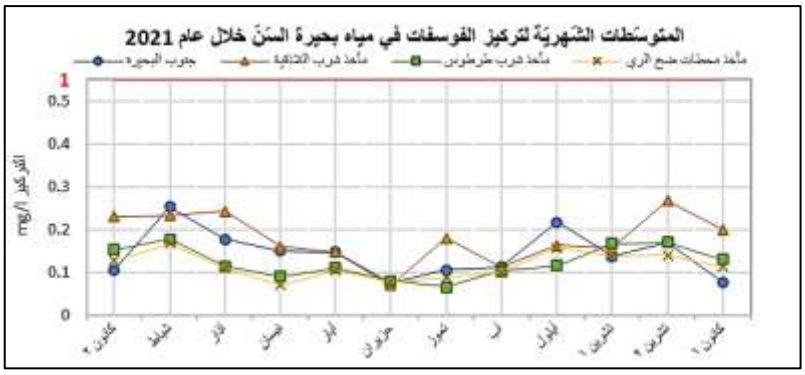
الشّكل (20): المتوسّطات الشهريّة لمجموع نسبتيّ تركيزي النّتريت والنّترات في نقاط رصد مياه بحيرة السّنّ إلى حدّهما المسموح وفق المواصفة القياسيّة السّوريّة لمياه الشّرب في عام 2021

يُعزى ارتفاع تركيز النّترات في فترات الهطول المطري إلى غسل التّرب المجاورة الّتي تنتشر فيها الزّراعة المحميّة، وتُستخدم فيها الأسمدة الآزوتيّة، ويُعزى انخفاض تركيزه صيفاً إلى النّمو السّريع للطّحالب الّتي تَستهلكه كركيزة لها، وتستنفذه في الفصول الحارّة [6، 12، 18]. بينما لوحظت تراكيز النّتريت المرتفعة عند مأخذ مياه شرب اللاذقية، وجنوب البحيرة، وتزامنت مع انخفاض تركيز النّترات عند هاتين النّقطتين، ويُمكن تفسير ذلك بتحلل عضويّ مصدره النّباتات والطّحالب ضمن البحيرة. يؤذي وجود النّتريت بتراكيز عالية أحياناً في موقع مأخذ مياه شرب اللاذقية عمليّة التّنقية الّلاحقة الّتي تنتهي بالتّطهير الكيميائيّ بالكلور، ومن هنا يجب التحقّق دائماً من تركيز الكلور الحرّ المتبقّي في مياه الشّرب إذ أنّ انخفاضه ووجود النّتريت يعني حدوث عمليّة نترجة للأمّونيا المحمولة في المياه المطهرة [3].

إنّ انتشار الطّحالب والأشنيّات، وارتفاع درجة pH، والحمل العضويّ في بُحيرتيّ سوريت والسّنّ، وغير ذلك من الظّواهر الدّالة على وصول المغذّيات إلى بحيرة السّنّ، تؤكّد وجود مُشكلة حقيقيّة في البحيرة تَظهر جليّة في تراكيز الأمّونيا والنّترات والنّتريت المرصودة في البحيرة.

11-3- الفوسفات Phosphate

تُعتبر الفوسفات من المؤشّرات الكيميائيَّة الأساسيّة المُعبّرة عن درجة التلوّث بالمغذّيات، ويوجد لمركّباته شكلان أحدهما عضويّ ناتج عن تحلّل الطّحالب الميّتة والبقايا النّباتيّة والحيوانيّة، وآخر لا عضويّ مصدره الأسمدة الفوسفاتيّة، والمبيدات، ومياه الصّرف الصّناعي، والمنظّفات الملقاة في مياه الصّرف الصّحي. تعتبر الفوسفات العامل الحاسم للنّموّ الطحلبيّ في المياه العذبة وتؤدّي تراكيزها العالية إلى فرط تكاثر الطّحالب واستنزافها للأوكسجين المنحلّ متسببةً بالموت الحيويّ، وتعكّر المياه، وتلوّنها، وتدنّي جودتها البيئيّة، وصلاحيّتها للاستخدامات المختلفة [6، 12]. وفقاً للمواصفة القياسيّة السّوريّة لمياه الشّرب فإن الحدّ الأعلى المسموح به لتركيز الفوسفات في مياه الشّرب هو 1 mg/l [11]. يبيّن الشكل (21) المتوسّطات الشّهريّة لتركيز الفوسفات في مياه بحيرة السّنّ في نقاط الرّصد في عام 2021.



الشّكل (21): المتوسّطات الشهريّة لتركيز الفوسفات في مياه بحيرة السّنّ في نقاط الرّصد في عام 2021

تراوحت تراكيز الفوسفات مياه بحيرة السّنّ ضمن المجال $(0-0.38)\ mg/l$، فهي بالتّالي لم تتجاوز الحدّ المسموح به في المواصفة القياسيّة السّوريّة لمياه الشّرب، وبيّنت نتائج التّحليل الإحصائيّ وجود فروق معنويّة في تركيز الفوسفات بين نقاط الرّصد $(P-Value\ =0.0066)$، وكانت الفروق بحسب اختبار L.S.D بين مأخذ مياه شرب اللاذقية، وكلّاً من مأخذي مياه شرب طرطوس ومحطّات ضخّ الريّ، وهذا يعكس تأثير المصادر النقطية الملوّثة المُحتملة على جودة المياه. تُبرز هذه النّتيجة الحاجة لإجراء مسح شامل للمصادر المحيطة الملوّثة بالفوسفات، وتفعيل استراتيجيّات للحدّ من تسرّبها، إذ يمكن أن تُساهم تراكيز الفوسفات العالية في تحفيز نموّ الطّحالب، وتدهور جودة المياه على المدى الطّويل.

يعزى وجود شوارد الفوسفات في مياه بحيرة السّنّ إلى انحلال بعض فلزّات التوضّعات الاندفاعيّة الّتي تحتوي على الفوسفات، والموجودة في الحوض المغذّي [8]. وتعزى زيادة تراكيزه لانحلال النباتات المائيّة، والطّحالب المنتشرة على أطراف بحيرة السّنّ وفي قاعها. ويُلاحظ تزامُن التّراكيز الأعلى للفوسفات مع فترات الهطول المطريّ، نتيجة غسل التربة، حيث تُجرف بقايا الأسمدة والمبيدات الفوسفاتية المستخدمة في المناطق الشرقية والجنوبية المجاورة، والّتي تنتشر فيها الزّراعة المحميّة، بالإضافة إلى وصول مياه الصرف الصحي مع الجريان السّطحيّ إلى البحيرة، والّتي تحمل معها منظفات كيميائيّة.

الاستنتاجات والتوصيات:

- خصائص المياه في منطقة الينابيع المغذّية لبحيرة السّنّ حيث يقع مأخذي مياه شرب طرطوس ومياه الرّيّ أفضل من خصائصها عند مأخذ مياه شرب اللاذقية، ويمكن استجرار المياه منها مباشرةً بعد تطهيرها.
- عدم صلاحيّة استجرار مياه بحيرة السّنّ للشّرب مباشرةً من نقطتي رصد مأخذ مياه شرب اللاذقية، وجنوب البحيرة، من الناحيتين الميكروبيّة، والفيزياكيميائية، وضرورة معالجتها، وتطهيرها قبل ضخّها للشّرب.
- عدم وجود تجانس في قياسات كلّ من عكارة المياه، وتراكيز المغذّيات، بين كلٍّ من مأخذ مياه شرب اللاذقية وجنوب البحيرة من جهة، وكلٍّ من مأخذي مياه شرب طرطوس، ومحطّات ضخّ الريّ من جهة أخرى.
- ضرورة كبح انتشار النّباتات الطّافية والطّحالب في البحيرة فهي تزيد الحمل العضويّ فيها، لاسيّما أنّ نظام التّنقية في محطّة تنقية مياه شرب اللاذقية ونظام ضخّ مياه شرب طرطوس غير مؤهّلين لإزالة هذه الملوّثات.

واعتماداً على نتائج البحث يمكن وضع المقترحات، والتوصيات الآتية:

- دراسة تغيّرات بارامترات إضافية لمياه بحيرة السّنّ مثل المنغنيز، واليود، والفلور، والمعادن الثّقيلة، والزّيوت.
- تفعيل خطّة حماية لبحيرتي السّنّ وسوريت للحدّ من وصول الملوّثات المحتملة إليهما من حوضهما المغذّي.
- تعديل موقع مأخذ مياه شرب اللاذقية ونقله إلى منطقة الينابيع المغذّية للبحيرة حيث جودة المياه أفضل.
- يجب إعادة تقييم عمل محطّة تنقية مياه شرب اللاذقيّة في حال عدم توفّر إمكانيّة تعديل موقع مأخذ مياهها، بحيث يُجرى ما يلزم لها لضمان تمكّنها من إزالة أشكال الملوّثات المحتملة في المياه الخام من بحيرة السّنّ.

References:

[1]. Jafar, R. *Application of the Water Quality Index (NSFWQI) on the Al-Sain Lake*. Tishreen University Journal-Engineering Sciences Series, 2016, 38(4).(In Arabic)

[2]. Fortes, ACC. Barrocas PRG. Kligerman DC. *Water quality indices: Construction, potential, and limitations*. Ecological Indicators, 2023, 157:111187

[3]. World Health Organization .*Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating the first and second addenda*. Geneva: World Health Organization; 2022.

[4]. Awad, A. Wazan A. Aboud M. *Using Fuzzy Logic Index to Determine Water Quality Index of SIN Lake*. Tishreen University Journal-Engineering Sciences Series, 2017, 39(6).(In Arabic)

[5]. Jafar, R. Awad, A. Hatem, I. Jafar, K. Awad, E. Shahrour, I. *Multiple Linear Regression and Machine Learning for Predicting the Drinking Water Quality Index in Al-Seine Lake*. Smart Cities27-2807:(5)6 ،2023 ،

[6]. Salman, F. A. *Comparison between the concentrations of some pollutants in drinking water from distribution system and bottled water*. Tishreen University Journal-Biological Sciences Series, 2015, 37(2).(In Arabic)
[7]. Habib, L. Ghafar M. Hatem Z. *Evaluation the availability of Al-Sinn lake for phosphorus pollution by self- cleansing*. Tishreen University Journal-Biological Sciences Series, 2017, 39(5).(In Arabic)
[8]. Awad, A. Al-Asaad, A. Shareef, N. *Impact of Hydrogiological and Hydrological Factors on the Quality of Sin-Spring Water*. Tishreen University Journal-Engineering Sciences Series, 2000, 22(9).(In Arabic)
[9]. Osekrieh, A. A. *Modeling of Water Turbidity in Al-Sin Drinking Water Treatment Plant Using Artificial Neural Networks*. Syria. Tishreen University;Faculty of Civil Engineering-Department of Environmental Engineering. 2018.
[10]. Shaheen, H. Junaidi, H. Ali, A. Q. Ateah, A. *Study of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) in Water of Lake Sureat*. Tishreen University Journal-Engineering Sciences Series, 2021, 43(5).(In Arabic)
[11]. Syrian Arab Organization for Standardization and Metrology. *S.N.S: 45. Drinking Water - Second Review*. 2007.(In Arabic)
[12]. Cheikho, T. Issa, M. H. Dayoub, H. *Study of Some Physical and Chemical Properties of El-Sen River Waters in Syrian Coastal Basin*. Syrian Journal of Agricultural Research, 2019, 6(3):333-50.(In Arabic)
[13]. Ghalia, S. *Study of Some Indicators of Water Quality in Lattakia Dams*. Tishreen University Journal-Engineering Sciences Series, 2013, 35(1).(In Arabic)